

# Pengaruh Waktu Sintering dan Diameter Terhadap Pembentukan Kawat Superkonduktor Bi-Pb-Sr-Ca-Cu-O dengan Dopan TiO<sub>2</sub> Menggunakan Tabung Perak (Ag)

## *Effect of Sintering Time and Diameter on Bi-Pb-Sr-Ca-Cu-O Superconducting Wire Formation with TiO<sub>2</sub> Dopant by Silver (Ag) Tube*

Cindy Al Kindi<sup>1\*</sup>, Agung Imaduddin<sup>2</sup>, Timbangan Sembiring<sup>1</sup>, Pius Sebleku<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Magister (S2) Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Sumatera Utara, Jalan Bioteknologi No. 1 Kampus USU, Medan 20155, Indonesia

<sup>2</sup>Pusat Penelitian Metalurgi dan Material, LIPI, Gedung 470, Kawasan Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan

*Received September, 2017, Accepted October, 2017*

Pengaruh waktu sintering dan diameter terhadap pembentukan kawat superkonduktor Bi-Pb-Sr-Ca-Cu-O dengan dopan TiO<sub>2</sub> menggunakan tabung perak (Ag) menjadi penting untuk dibahas karena hal ini berpengaruh terhadap adanya suhu kritis yang merupakan syarat penting superkonduktor. Pada penelitian ini ada beberapa tahap yang dilakukan yaitu preparasi bahan, proses permesinan, penarikan kawat dan proses perlakuan panas. Serbuk BPSCCO dengan dopan TiO<sub>2</sub> dimasukkan ke dalam tabung perak (Ag) dan dikalsinasi pada temperatur 820°C selama 20 jam, lalu proses penarikan (*Rolling*) sampai diameter 6 mm dan 2,6 mm serta sintering dilakukan pada temperatur 850°C selama 9 jam dan 30 jam untuk masing-masing ukuran diameter dengan dua kali proses sintering. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kawat superkonduktor memiliki suhu kritis yaitu T<sub>c</sub> onset = 99 K dan T<sub>c</sub> zero = 70 K. Waktu yang sangat berpengaruh pada pembentukan fasa superkonduktor yaitu sintering selama 9 jam sedangkan untuk ukuran diameter kawat yang memiliki suhu kritis yaitu 6 mm, sedangkan waktu sintering selama 30 jam dapat merubah fasa BPSCCO sehingga tidak terbentuk superkonduktor melainkan konduktor dan semikonduktor. Pada diameter 2,6 mm belum menjadi ukuran yang tepat pada pembentukan kawat superkonduktor.

*The influence of sintering time and diameter on the formation of Bi-Pb-Sr-Ca-Cu-O superconducting wire with doped TiO<sub>2</sub> by silver (Ag) tube becomes important to be discussed because of the presence of critical temperature which is an essential condition in superconductors. In this research there are several steps must be done that is: material preparation, machine process, wire drawing and heat process. BPSCCO powder with dopant TiO<sub>2</sub> filled into silver (Ag) tube with calcination temperature at 820°C for 20 h, then rolling process to diameter 6 mm and 2,6 mm with sintering temperature at 850°C for 9 h and 30 h for each size of diameter by twice sintering process. The results showed that superconducting wire has a critical temperature at T<sub>c</sub> onset = 99 K and T<sub>c</sub> zero = 70 K. The time that very important on the formation of superconducting phase is sintering for 9 h and the diameter of the wire having a critical temperature is 6 mm. The sintering time during 30 h can change the phase of BPSCCO become conductor and semiconductor. The diameter of 2,6 mm has not become the correct size on the fabrication of superconducting wire.*

**Keyword :** Cryogenic, Critical Temperature, Superconducting wire, Sintering Time, TiO<sub>2</sub>

## PENDAHULUAN

Superkonduktivitas adalah fenomena yang sangat aneh yang ditandai dengan transisi fase pada suhu kritis ( $T_c$ ) dimana fase pelaksanaan berada dalam ekuilibrium dengan fase superkonduktor. Secara singkat superkonduktivitas adalah perubahan fase dari konduktor menjadi superkonduktor yang ditandai dari penurunan resistansi menuju nol pada suhu transisi atau suhu kritis. Gagasan tentang *lossless transmission of electricity* terinspirasi dari penemuan superkonduktivitas. Selain ketahanan nol di bawah  $T_c$ , superkonduktor mampu membawa arus sangat besar melalui penampang kecil. Kerapatan arusnya melebihi sejauh (1 sampai 2 *orders of magnitude*) yang dapat diterima dari konduktor logam standar, seperti tembaga atau aluminium. Dengan menggunakan superkonduktor, listrik dalam waktu dekat akan terbawa dalam jaringan tenaga listrik yang lebih murah, termasuk transformer, *fault current limiters*, motor dan generator, serta perangkat penyimpanan energi magnetik. [Jabur Akram R, 2012] Hal ini dikarenakan superkonduktor mampu mengalirkan arus listrik tanpa hambatan. Sekarang ini penelitian tentang kawat superkonduktor sangat menjanjikan untuk kedepannya sebagai pengganti kawat konvensional yang banyak digunakan pada jaringan tenaga listrik. Pembuatan kawat superkonduktor tidaklah mudah, apalagi menggunakan bahan superkonduktor berbasis bismut (Bi).

Pembuatan kawat superkonduktor berbasis bismuth ini sangat dipengaruhi oleh waktu sintering dan diameter kawat sehingga diperlukan penelitian mengenai pengaruh kedua parameter tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari waktu sintering dan diameter pada kawat superkonduktor berbasis bismuth dengan dopan  $TiO_2$  menggunakan tabung perak (Ag) dengan melihat suhu kritis ( $T_c$ ) dari kawat yang terbentuk.

Sistem Bi-Sr-Ca-Cu-O mempunyai tiga fasa superkonduktif dengan  $T_c = 9-22$  K, 80 K dan 110 K bersesuaian dengan komposisi nominal berturut-turut  $Bi_2Sr_2Ca_0Cu_1O_5$  (fasa 2201),  $Bi_2Sr_2Ca_1Cu_2O_8$  (fasa 2212) dan  $Bi_2Sr_2Ca_2Cu_3O_{10}$  (fasa 2223). Fasa 2223 terbentuk melalui proses pengintian (pengkristalan) dan penumbuhan fasa 2212. Penumbuhan fasa 2223 terjadi pada suhu sintering  $840-880^\circ C$  dengan periode antara 100-624 jam [Widodo Henry, 2010]. Seperti banyak oksida tinggi, Bi(Pb)-2223 ketika diberi perlakuan panas dengan benar maka akan mengkristal menjadi

morfologi-morfologi yang paling berguna dalam bentuk pita dimana butiran dapat disejajarkan dengan cara *pressing* atau *rolling* untuk hasil yang memuaskan (Liu H.K. et al, 2001).

Pada penelitian yang dilakukan Grivel *et al*, serbuk dikalsinasi pada  $750^\circ C$  selama 5 jam, didinginkan, ditekan menjadi pelet dan dikalsinasi kembali pada suhu  $800^\circ C$  selama 50 jam. Serbuk ini kemudian dicampur dengan serbuk  $TiO_2$  1-10 wt% (99,998%, 100 mesh). Variasi reaksi temperatur dipelajari dengan analisis termal diferensial (DTA). Pelet serbuk campuran disintering pada 835, 840 atau  $845^\circ C$  selama 160 jam [J-C Grivel, et al, 1995].

## METODOLOGI

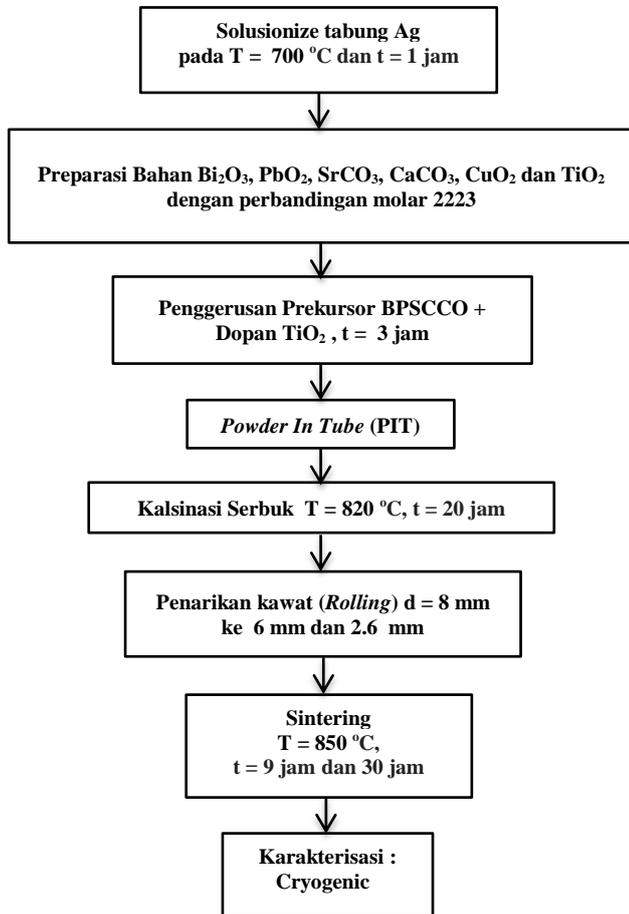
Pembuatan kawat superkonduktor dengan tabung perak (Ag) dimulai dengan proses *solutionize* tabung perak (Ag) berukuran panjang 5 cm dan berdiameter 8 mm dengan temperatur  $700^\circ C$  selama 1 jam. Hal ini bertujuan untuk menghilangkan hasil pengerjaan pabrik pada tabung Ag dan selain itu untuk memudahkan saat dilakukan proses penarikan (*Rolling*). Setelah tabung Ag dibersihkan, serbuk BPSCCO dengan dopan  $TiO_2$  dimasukkan ke dalam tabung Ag yang berdiameter 8 mm. Metode ini dikenal sebagai metode PIT (*powder-in-tube*). Proses selanjutnya, dilakukan penekanan manual (menggunakan palu) saat serbuk dimasukkan ke dalam tabung. Setiap sisi tabung dipastikan telah tertutup rapat dan serbuk di dalamnya padat. Langkah berikutnya, kawat dikalsinasi dengan suhu  $820^\circ C$  selama 20 jam. Proses pendinginan dilakukan di dalam tungku pemanasan selama 20 jam hingga suhu ruang.

Proses penarikan (*rolling*) berukuran 6 mm dan 2,6 mm, lalu, dilakukan pemotongan kawat menjadi dua bagian. Bagian ini dibedakan atas variasi waktu sintering, yaitu 30 jam dan 9 jam. Setelah pemotongan menjadi dua bagian, dilakukan proses sintering pada suhu  $850^\circ C$  dengan variasi waktu yang telah disebutkan sebelumnya. Sebagian kecil dari masing-masing sampel dengan variasi waktu sintering tersebut dipotong untuk dikarakterisasi. Karakterisasi yang dilakukan yaitu pengujian menggunakan *cryogenic* untuk mengetahui adanya suhu kritis atau tidak. Seluruh proses tersebut tertera secara ringkas dapat dilihat pada Gambar 1.

**HASIL PENELITIAN**

Pengaruh waktu sintering dan diameter kawat superkonduktor dapat diketahui dari hasil uji resistivitas dengan cryogenic seperti pada Gambar 2.

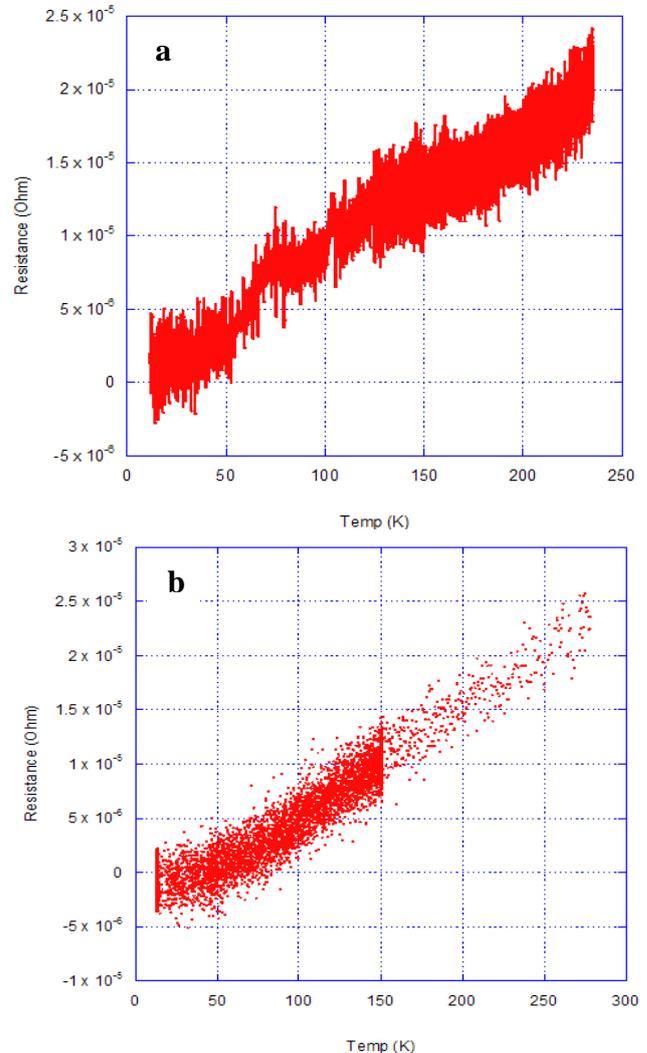
kawat. Pada pembentukan kedua kawat tersebut yang lebih berpengaruh adalah ukuran diameter, karena ukurannya cukup kecil setelah proses penarikan (*Rolling*) maka fasa superkonduktor pada kawat justru tidak terbentuk.



Gambar 1 Diagram Alir Pembuatan Kawat Superkonduktor menggunakan tabung Ag

Gambar 2(a) dengan waktu sintering selama 9 jam menunjukkan bahwa fasa superkonduktor tidak terbentuk melainkan terbentuknya konduktor atau dengan kata lain tidak ada transisi fasa. Hal ini kemungkinan dikarenakan diameter yang cukup kecil dan proses sintering yang dilakukan dua kali sehingga bahan superkonduktor yang berbasis keramik tidak mengalami pembentukan fasa superkonduktor.

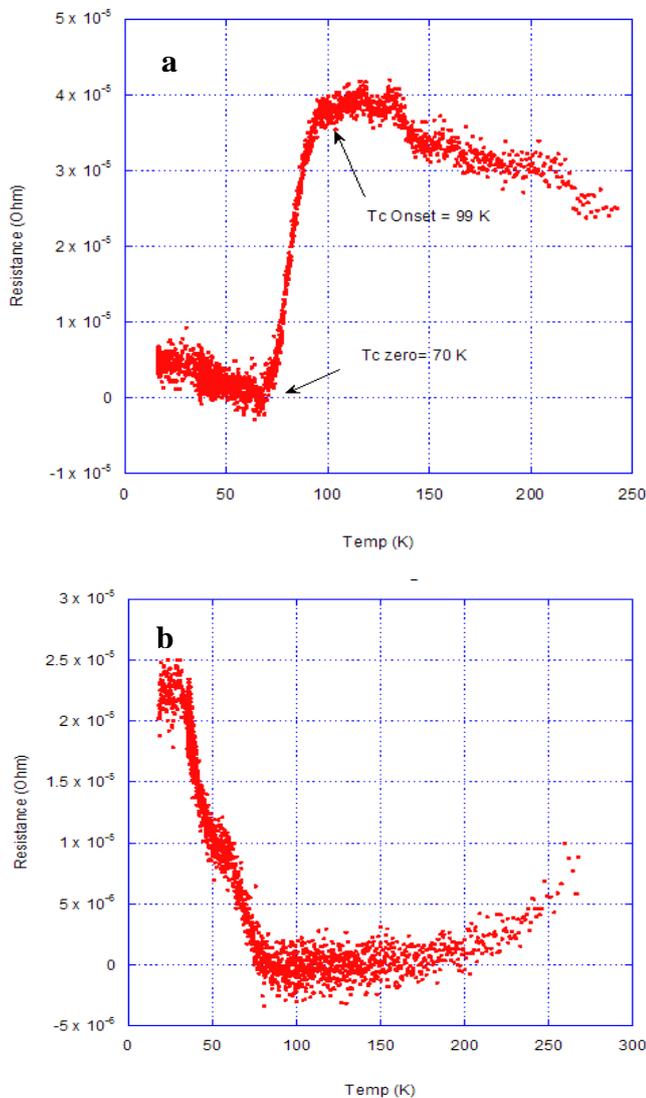
Grafik pada Gambar 3(a) dan 3(b) memiliki keterkaitan yaitu tidak terjadinya pembentukan fasa superkonduktor melainkan konduktor walaupun ada perbedaan waktu sintering tetapi tetap tidak merubah transisi fasa menjadi superkonduktor. Sehingga dapat disimpulkan bahwa perbedaan waktu sintering dalam hal ini tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan terhadap kedua sampel



Gambar 2 Resistansi terhadap Temperatur untuk sampel kawat berdiameter 2,6 mm (a) waktu sintering selama 9 jam dan (b) waktu sintering selama 30 jam

Grafik pada Gambar 3(a) menunjukkan bahwa kawat superkonduktor memiliki  $T_c$  onset = 99 K dan  $T_c$  zero 70 K. Sedangkan Kurva pada Gambar 3(b) menunjukkan bahwa fasa superkonduktor tidak terbentuk melainkan terbentuknya semikonduktor, hal ini kemungkinan besar dikarenakan adanya fasa impuritas yang cukup banyak yang terlihat dari kurva resistivitas terhadap temperatur seperti pada Gambar 2(b) dan 3(b) yang disebabkan oleh sintering selama 30 jam sehingga merusak fasa BPSCCO dengan dopan  $TiO_2$  serta dipengaruhi juga oleh ukuran diameter kawat.

Dalam hal ini menunjukkan bahwa fasa superkonduktor dapat terbentuk dengan waktu sintering selama 9 jam dengan ukuran diameter kawat 6 mm ditandai dari adanya suhu kritis pada kawat superkonduktor.



Gambar 3 Resistansi terhadap Temperatur untuk sampel kawat berdiameter 6 mm (a) waktu sintering selama 9 jam dan (b) waktu sintering selama 30 jam

### KESIMPULAN

Waktu sintering dan ukuran diameter kawat saat sebelum dan setelah proses penarikan (*Rolling*) sangat berpengaruh terhadap pembentukan kawat

superkonduktor. Waktu yang sangat berpengaruh pada pembentukan fasa superkonduktor yang ditandai dengan adanya suhu kritis yaitu pada waktu sintering selama 9 jam sedangkan untuk ukuran diameter kawat yang memiliki suhu kritis yaitu pada ukuran 6 mm dengan hasil Tc onset = 99 K dan Tc zero = 70 K dan dapat dikatakan bahwa kawat ini merupakan kawat superkonduktor. Sedangkan waktu sintering selama 30 jam dapat merubah fasa BPSCCO dengan dopan TiO<sub>2</sub> sehingga tidak terbentuk superkonduktor melainkan konduktor dan semikonduktor dan diameter 2,6 mm belum menjadi ukuran yang tepat untuk pembentukan kawat superkonduktor.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima Kasih Kepada Pusat Penelitian Metalurgi dan Material-LIPI, Serpong, Indonesia.

### REFERENSI

- Grivel, J-C, A Jeremie and R Fliikiger, 1995, *The Influence Of TiO<sub>2</sub> Additions On The Formation And The Superconducting Properties Of The (Bi, Pb)<sub>2</sub>Sr<sub>2</sub>Ca<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>10-Y</sub> Phase*. IOP Science
- Jabur, Akram R. 2012. *B2223 High Temperature Superconductor Wires In Silver Sheath, Filament Diameter Effect On Critical Temperature And Current Density*. Energy Procedia 18 ( 254 – 264)
- Liu, Hua Kun., Mihail Ionescu., Yuan Chang Guo, 2001. *Handbook of Advanced Electronic and Photonic Materials and Devices, Volume 3: High T<sub>c</sub> Superconductors and Organic Cond High T<sub>c</sub> Superconductors and Organic Conductors*, Academic Press. 71-90
- Widodo, Henry, 2010, Nanokristalisasi Superkonduktor Bi<sub>2</sub>SrCa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>10+x</sub> dan Bi<sub>1.6</sub>Pb<sub>0.4</sub>Sr<sub>2</sub>Ca<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>10+6</sub> dengan Metode Kopresipitasi dan Pencampuran Basah, Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi TELAHAH : LIPI Bandung